

Школа ИШНПТ
 Направление подготовки 18.04.01 Химическая технология
 Отделение школы (НОЦ) НОЦ им Н.М. Кижнера

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Разработка пористого стекломатериала с улучшенными характеристиками радиопоглощения электромагнитного излучения

УДК 666.189.3.016.2

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4-ГМ-82	Чжань Сыбо		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Казьмина О.В.	д.т.н., профессор		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу: «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Спицына Л. Ю.	к.э.н.		

По разделу: «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Романцов И. И.	к.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Казьмина О.В.	Д.т.н., профессор		

Томск – 2020 г.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
 высшего профессионального образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа ИШНПТ

Направление подготовки Химическая технология

Отделение школы (НОЦ) НОЦ им Н.М. Кижнера

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

Казьмина О.В.

(Подпись)

(Дата)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

магистерской диссертации

Студенту:

Группа	ФИО
4-ГМ-82	Чжань Сыбо

Тема работы:

Разработка пористого стекломатериала с улучшенными характеристиками радиопоглощения электромагнитного излучения	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 50-28/с от 19.02.2020

Срок сдачи студентом выполненной работы:

08.06.2020

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Данные литературного анализа по вопросу пористых неорганических радиопоглотителей Объект исследований – модифицированное пеностекло. Предмет исследования – процессы, протекающие при получении модифицированного пеностекла.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	1. Обоснование выбора исходного сырья 2. Разработка состава получаемого материала 3. Определение свойств материала 4. Заключение по работе
Перечень графического материала	Презентация в MS PowerPoint: - Характеристика исходного сырья; - Результаты экспериментов; - Выводы по работе.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
1. Литературный обзор. 2. Методы исследования	Казьмина Ольга Викторовна

3. Экспериментальная часть	
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Спицына Любовь Юрьевна
Социальная ответственность	Романцов Игорь Иванович
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Методы и методики исследования	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	09.03.2020
---	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Казьмина Ольга Викторовна	д.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4-ГМ-82	Чжань Сыбо		

**ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ
ПО ООП 18.04.01 ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ**

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Профессиональные компетенции</i>		
P1	Применять <i>глубокие</i> естественно–научные, математические и инженерные <i>знания</i> для создания <i>новых</i> материалов.	Требования ФГОС (ПК–2, 10, 12), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR–ACE</i> и <i>FEANI</i> .
P2	Применять <i>глубокие знания</i> в области современных технологий химического производства для решения <i>междисциплинарных</i> инженерных задач.	Требования ФГОС (ПК–2, 4–7, ОК–4), Критерий 5 АИОР (пп. 5.2.1, 5.2.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR–ACE</i> и <i>FEANI</i> .
P3	Ставить и решать <i>инновационные</i> задачи <i>инженерного анализа</i> , связанные с созданием материалов и изделий, с использованием системного анализа и моделирования объектов и процессов химической технологии.	Требования ФГОС (ПК–2), Критерий 5 АИОР (пп. 5.2.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR–ACE</i> и <i>FEANI</i> .
P4	Разрабатывать химико–технологические процессы, <i>проектировать</i> и использовать <i>новое</i> оборудование для создания материалов, конкурентоспособных на <i>мировом</i> рынке.	Требования ФГОС (ПК–1, 17), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR–ACE</i> и <i>FEANI</i> .
P5	Проводить теоретические и экспериментальные <i>исследования</i> в области создания <i>новых</i> материалов, современных химических технологий, нанотехнологий.	Требования ФГОС (ПК–14–16, ОК–2–6), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR–ACE</i> и <i>FEANI</i> .
P6	Внедрять, <i>эксплуатировать</i> современные высокотехнологичные линии автоматизированного производства, обеспечивать их <i>высокую эффективность</i> , соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на химическом производстве, выполнять требования по защите окружающей среды.	Требования ФГОС (ПК–1, 10), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR–ACE</i> и <i>FEANI</i> .
<i>Универсальные компетенции</i>		
P7	Использовать <i>глубокие знания</i> по <i>проектному менеджменту</i> для ведения <i>инновационной</i> инженерной деятельности с учетом юридических аспектов защиты интеллектуальной собственности.	Требования ФГОС (ПК–3, 8, 13), Критерий 5 АИОР (п. 5.3.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR–ACE</i> и <i>FEANI</i> .
P8	<i>Активно</i> владеть <i>иностранным языком</i> на уровне, позволяющем работать в иноязычной среде, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инновационной инженерной деятельности.	Требования ФГОС (ПК–7, ОК–3) Критерий 5 АИОР (п. 5.3.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR–ACE</i> и <i>FEANI</i> .
P9	Эффективно работать индивидуально, в качестве <i>члена и руководителя группы</i> , состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность <i>следовать корпоративной культуре</i> организации.	Требования ФГОС (ПК–9, ОК–4, 5), Критерий 5 АИОР (п. 5.3.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR–ACE</i> и <i>FEANI</i> .
P10	Демонстрировать <i>глубокие знания социальных, этических и культурных аспектов</i> инновационной инженерной деятельности, компетентность в вопросах <i>устойчивого развития</i> .	Требования ФГОС (ПК–5, 6, 10), Критерий 5 АИОР (п. 5.3.4, 5.3.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR–ACE</i> и <i>FEANI</i> .
P11	<i>Самостоятельно учиться</i> и непрерывно <i>повышать квалификацию</i> в течение всего периода профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ПК–11, ОК–1, 2, 6), Критерий 5 АИОР (5.3.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR–ACE</i> и <i>FEANI</i> , ПС рег. 853 от 19.09.2016.

Министерство науки и высшего образования и Российской Федерации
 федеральное государственное автономное образовательное учреждение
 высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа ИШНПТ
 Направление подготовки Химическая технология
 Уровень образования магистр
 Отделение школы (НОЦ) НОЦ им Н.М. Кижнера
 Период выполнения (осенний / весенний семестр 2019/2020 учебного года)

Форма представления работы:

Магистерская диссертация

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
 выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:	08.06.2020
--	-------------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
07.06.2020	Основная часть	75
05.06.2020	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	15
05.06.2020	Социальная ответственность	10

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Казьмина О.В.	д.т.н, профессор		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Казьмина О.В.	д.т.н, профессор		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа представлена на 107 страницах, содержит 18 рисунков, 22 таблицы, использовано 50 источников литературы.

Ключевые слова: пористый композит, пеностекло, карбид кремния, электромагнитное излучение.

Объект исследования – пористый стеклокомпозит.

Предмет исследования – процессы, протекающие при получении пористого стеклокомпозита, модифицированного карбидом кремния.

Цель работы – разработка состава смеси для получения пористого стекломатериала с улучшенными характеристиками радиопоглощения электромагнитного излучения материала.

Для достижения данной цели, в работе были поставлены следующие задачи:

1. Получение пеностекольных материалов с различным содержанием карбида кремния;
2. Исследование влияния карбида кремния на процесс вспенивания;
3. Исследование физико-механических свойств полученных образцов;
4. Исследование радиопоглощающих характеристик образцов пористого стекломатериала.

Определены основные технологические и электрофизические характеристики пористого стеклокомпозита, модифицированного карбидом кремния.

Область применения: полученные образцы рекомендуется применять в качестве радиопоглощающих материалов.

Экономическая значимость работы: текущий проект по интегральному показателю ресурсоэффективности является перспективным с точки зрения ресурсопотребления и превосходит конкурентов.

Оглавление

Введение.....	9
1 Литературный обзор.....	11
1.1 Свойства и области применения пористых материалов поглощающих электромагнитное излучение	
1.2 Составы и способы получения пористых неорганических радиопоглотителей	
1.2.1 Составы и материалы для пеностекла.....	14
1.2.2 Технология изготовления пеностекла.....	18
1.3 Влияние модификаторов на радиопоглощающие свойства материала.....	22
1.4 Механизм поглощения электромагнитных волн поглотителем.....	24
2 Методы исследования.....	27
2.1 Рентгенофазовый анализ.....	27
2.2 Метод определения удельной поверхности порошков.....	28
2.3 Метод измерения коэффициентов поглощения и отражения электромагнитного излучения.....	29
2.4 Оптическая и растровая микроскопия.....	31
2.5 Дифракционный метод анализа размера частиц.....	31
3 Экспериментальная часть.....	33
3.1 Характеристика исходного сырья.....	33
3.2 Исследование влияния карбида кремния на процесс вспенивания.....	36
3.3 Исследование физико-механических свойств полученных образцов.....	41
3.4 Исследование радиопоглощающих характеристик образцов пористого стекломатериала.....	42
Выводы по работе.....	49
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	51
4.1 Потенциальные потребители результатов исследования.....	51
4.2 Инициация проекта.....	59
4.3 Планирование научного исследования.....	62
4.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	73
Выводы.....	76
5 Социальная ответственность.....	77
5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности труда.....	77
5.2 Производственная безопасность.....	78

5.3	Экологическая безопасность.....	79
5.4	Безопасность в чрезвычайных ситуациях	87
	Выводы.....	91
	Приложение.....	92
	Список литературы	105

Введение

Пеностекло представляет собой материал, состоящий из воздушных ячеистых пор (80 – 95 %), замкнутых или сообщающихся между собой и разделенных межпоровой стекловидной перегородкой. Ячеистая структура и неорганическая природа перегородки придают пеностеклу ряд важных свойств: негорючесть, низкий коэффициент теплопроводности (0,04 – 0,9 Вт/м·К), влагонепроницаемость (менее 4 %), относительно высокую прочность на сжатие (0,5 – 1,5 МПа). Благодаря сочетанию свойств пеностекло является эффективным строительным материалом, который конкурирует с классическими полимерными и волокнистыми тепло- и звукоизоляторами. Термическая стабильность, пожаробезопасность, долговечность обеспечивают явные преимущества перед полимерными материалами.

Особо актуальным является новое направление использования пеностекла в качестве радиопоглотителя электромагнитного излучения. Снижение электромагнитного загрязнения окружающей среды и электромагнитных помех входит в перечень приоритетных проблем. Данный вид излучения представляет опасность для здоровья человека и негативно влияет на функционирование радиоэлектронных средств. Постоянно растет число публикаций, которые направлены на решение задач электромагнитной совместимости работы различного радиотехнического, электронного и электротехнического оборудования. Одним из путей решения данной проблемы является использование радиопоглощающих материалов.

При разработке радиопоглощающих покрытий и материалов перспективными являются легковесные материалы с высокой пористостью (пены, соты, сетки). Способностью пористого материала поглощать электромагнитное излучение можно управлять, изменяя его макроструктуру, формируя оптимальные по форме и размерам поры. В этом плане перспективным выглядит пеностекло, поровой структурой которого можно управлять путем введения в пенообразующую смесь модифицирующих добавок.

Наряду с быстрым развитием современной науки и инженерия, серьезное электромагнитное загрязнение привлекло большое внимание не только в военных областях, но и в нашей повседневной жизни [1]. В настоящее время многие исследователи посвятили себя изучению идеальных материалов, имеющих меньшую плотность, более высокую удельную силу и сильная способность поглощения СВЧ [2]. Вообще, обычные материалы, такие как ферриты и металлы, чрезвычайно ограничены узким частотным диапазоном и необходимы дальнейшего исследования для решения этой проблемы [3].

Среди модификаторов карбид кремния демонстрирует потенциальное применение в микроволновом поглотителе следующего поколения из-за отличной термической стабильности, химической стабильности и высоких механических свойств. В некоторых работах показано, что материалы с SiC имеют улучшенную поглощающую способность [4]. Тем не менее, материал с SiC имеет более слабые по сравнению с ферромагнитными и углеродопоглощающими материалами характеристики. Следовательно, для достижения потенциальных применений, необходимо проведение дополнительных исследований, что является актуальным.

В связи с вышесказанным, **целью** настоящей работы являлась разработка состава смеси для получения пористого стекломатериала с улучшенными характеристиками радиопоглощения электромагнитного излучения материала.

Для достижения данной цели, в работе были поставлены следующие задачи:

1. Получение пеностекла с различным содержанием карбида кремния;
2. Исследование влияния карбида кремния на процесс вспенивания;
3. Исследование физико-механических свойств полученных образцов;
4. Исследование радиопоглощающих характеристик образцов пористого стекломатериала.

1. Литературный обзор

1.1 Свойства и области применения пористых материалов поглощающих электромагнитное излучение

Пористый материал является важным функциональным материалом, который может использоваться во многих областях труда и быта, таких как теплоизоляция труб и домов, фильтрация и разделение твердых частиц в жидких средах, а также для звукопоглощения. Важная область применения - поглощение энергии электромагнитного излучения, а также звуковых волн и электромагнитных волн различных частот. Особенностью пористых материалов является малая объемная плотность обусловленная высокой пористостью (более 80 %). Объем воздуха при этом также составляет более 80 % и импеданс материала более точно соответствует импедансу электромагнитной волны в свободном пространстве. Кроме того, благодаря особой структуре пористого материала волна получает множество отражений, дифракций и помех в процессе распространения, что увеличивает путь распространения волны и, таким образом, увеличивает потери волны в процессе распространения.

Выделяют следующие области применения пористых материалов.

Теплоизоляция. Теплопроводность пеностекла мала, что определяется пористой структурой пеностекла. Пеностекло состоит из стенок пор из стеклянных компонентов и пор, заполненных газом. Механизм теплопередачи стенок пор представляет собой теплопроводность, а теплопроводность газа в порах в основном зависит от конвекции и излучения. Пеностекло имеет высокую пористость, поэтому его теплопередача в основном осуществляется газовой конвекцией и излучением. По сравнению с твердотельной теплопроводностью эффективность теплопередачи конвекции и излучения низкая, поэтому теплопроводность пеностекла мала, и ее значение обычно составляет $0,035 \sim 0,139 \text{ Вт / (м} \cdot \text{К)}$ [6]. Для пеностекла с закрытыми порами теплопроводность меньше.

Теплопроводность пеностекла невелика, поэтому он широко используется в различных областях, таких как промышленность и строительство, в качестве материала для теплоизоляции и холодной изоляции. С точки зрения промышленности, он может использоваться для изоляции трубопроводов химических реактивов, изоляции оборудования нефтеперерабатывающего завода, изоляции различных нефте- и газопроводов, а также слоя холодной изоляции резервуаров для хранения конденсата. С точки зрения конструкции, он в основном используется для теплоизоляции и противопожарной защиты различных крыш, полов и стен, а также для защиты от постоянной температуры и влаги на производственных предприятиях.

Химически устойчивые материалы. Как неорганический неметаллический материал, пеностекло имеет стеклянную природу и не вступает в химическую реакцию с какой-либо кислотой или щелочью, кроме плавиковой кислоты или даже с различными сильными кислотами и щелочами, такими как серная кислота, и обладает сильной кислото- и щелочестойкостью. Поскольку атомы кислорода в структуре стекла связаны с атомами стеклообразователя, пеностекло обладает сильной устойчивостью к кислотной и щелочной коррозии, поэтому его можно использовать для футеровки коррозионных дымовых газов. Ван Цин и др. изучили кислотостойкость пеностекла, выдержали приготовленный образец пеностекла в разбавленной серной кислоте с концентрацией 0,1 моль / л в течение 14 дней и обнаружили, что масса увеличилась только на 0,02 %. Качество образца в основном не изменяется, что свидетельствует о высокой стойкости к кислотной коррозии пеностекла [7]. Хоу Вэньху и другие исследовали стойкость щелочной коррозии пеностекла. Анализ образцов, погруженных в 10% -ный раствор NaOH на 7 дней, показал, что не было создано никаких новых веществ и не произошло эрозии на поверхности, что указывает на то, что пеностекло обладает высокой щелочной коррозионной стойкостью [8].

Акустическое поглощение. Когда открытые поры в структуре пеностекла составляют 40-60 % от общего объема пор, то материал обладает хорошими свойствами поглощения звуковых волн. Акустическая волна является разновидностью материальной волны, и для ее распространения требуется среда распространения, то есть движение молекул в среде. Когда звуковая волна распространяется в пеностекле, газ в поре перемещается, но стенка поры является шероховатой и не гладкой, из-за чего сопротивление трению перемещения части газа вблизи стенки поры затруднено. Это влияет на вибрацию и передачу звуковых волн, вызывая затухание звуковых волн, так что часть звуковой энергии преобразуется в тепловую энергию, благодаря чему достигается эффект поглощения звука [9].

С быстрым развитием многоэтажных зданий и различных специальных крупных зданий применение звукопоглощающего пеностекла с его превосходными характеристиками и хорошим звукоизолирующим эффектом растет. Его широко используют в метро, культурных и спортивных залах, промышленных предприятиях и на некоторых крупных зданиях. Мао Дунсин и др. получили высокоэффективное звукопоглощающее пеностекло, улучшив процесс спекания, чтобы отрегулировать связанную пористость пор. Когда связанная пористость пеностекла увеличивается с 60 % до 80 %, средний коэффициент звукопоглощения превышает 0,6 и достигает 0,7.

Электромагнитное поглощение. Поскольку пористая структура может регулировать электромагнитные параметры и согласование импеданса материала, пористые материалы, например такие как, композитная пена, керамическая пена, углеродная пена, широко используются в качестве электромагнитного поглощающего материала [10-18]. Хотя пеностекло также является пористым материалом, но оно мало изучено в качестве электромагнитного поглотителя. Куо Чен и др. [19, 20] добавили порошок цинка и оксида цинка в пеностекло и исследовали их влияние на пенообразование и на поглощающие свойства пеностекла. Результаты показали, что, когда содержание вспенивающего агента составляет 2 %, а

содержание порошка Zn составляет 3/18, максимальная отражательная способность пеностекла достигает -15,6 дБ, а отражающая способность превышает -10 дБ в полосе 11,3 ~ 12,4 ГГц. Хорошие характеристики электромагнитного поглощения показаны и другими исследователями [21].

Изучены микроволновые характеристики поглощения пеностекла с графитом в качестве пенообразователя. Было установлено, что на характеристики поглощения пеностекла влияют тип и содержание графита, а также толщина образца. В диапазоне частот 8 ~ 18 ГГц отражательная способность полученного пеностекла достигает -5 ~ -13 дБ, что может соответствовать требованиям противорадиолокационной маскировки наземных целей.

1.2 Составы и способы получения пористых неорганических радиопоглотителей

1.2.1 Составы и материалы для пеностекла

По мере углубления исследований виды сырья для пеностекла становятся все более обширными. Это может быть отработанное стекло, такое как листовое стекло, бутылочное стекло, стекло ЭЛТ, это могут быть промышленные отходы, такие как летучая зола, шлак доменной печи, и их основными химическими компонентами являются SiO_2 , CaO , Fe_2O_3 , Al_2O_3 , аналогичные глине, природные минералы, такие как вулканический пепел, перлит, слюда, порошок пемзы и т.д. [22-26]. Эти твердые отходы имеют стабильные химические свойства, не гниют, не сгорают и не разлагаются, что создает большие неудобства для повседневного производства и жизни человека. Использование этих твердых отходов в качестве основного сырья для приготовления пеностекла не только решает проблему загрязнения твердыми отходами, снижает нагрузку на окружающую среду, но также снижает нагрузку на дефицит ресурсов для получения материала и обеспечивает повторное использование ресурсов, а также снижает

себестоимость продукции. Однако из-за большого количества примесей в этих сырьевых материалах химический состав нестабилен, и характеристики получаемого пеностекла также нестабильны, что не может удовлетворить строгим требованиям в некоторых случаях [27].

Непосредственно используя порошок с более высокой чистотой в качестве основного сырья, тип и количество добавляемого сырья могут быть определены исследованиями, основанными на роли различных сырьевых материалов в приготовлении пеностекла, а химический состав более ясен. Еще в 1980-х годах в США было разработано высокопроизводительное пеностекло со специально разработанными стеклянными компонентами [28].

Исследования по использованию отработанного листового стекла и бутылочного стекла для изготовления пеностекла имеют долгую историю развития, и технология их производства была достаточно зрелой [32]. Основными компонентами этих стекол являются SiO_2 , CaO и Na_2O и небольшое количество Al_2O_3 , MgO , Fe_2O_3 и др. Наиболее распространенное натриево-кальциево-силикатное стекло, а также это самый крупный тип производимого и используемого стеклянного продукта [33, 34]. Pittsburgh Corning из США имеет большое количество патентов на составы сырья и производственные процессы при изготовлении пеностекла с использованием силикатного стекла, и его технология уже давно занимает лидирующие позиции в мире.

Многие ученые провели обширные и углубленные исследования по приготовлению пеностекла из натриево-кальциевых отходов, среди которых Энрико Бернардо из Италии. Он исследовал процесс образования отходов при производстве пеностекла, с целью использования их в качестве исходного материала. Исследовано влияние различных пенообразующих агентов (таких как CaCO_3 , SiC и т. д.), а также MnO_2 , на характеристики пеностекла и процесс пенообразования. Механизм объяснен в работах [35-39].

Исследованы перспективы применения отходов стекла и других

твердых отходов при получении пеностекла и другими учеными [40]. Кроме того, есть также отечественные и зарубежные ученые, такие как Ван Хайбо [41], Бай Цзяньгуан [42], Алехандро Сабурит Ллаудис [43], Андре Ченто Бенто [44], добавляющие количество натриево-известкового стеклянного порошка, с учетом размера частиц порошка. Проведены исследования по выбору добавок, их влиянию на параметры процесса, такие как температура спекания, скорость нагрева, время выдержки и другие аспекты.

Когда исходный порошок стеклобоя получают из отходов различного стекла, его состав является сложным и изменчивым, поэтому большую часть времени температура размягчения стеклопорошка и температура реакции вспенивающего агента не являются идеально согласованными. Это приводит к тому, что газ улетучивается, что делает процесс пенообразования неэффективным. С целью улучшения эффекта пенообразования в состав вводят некоторые добавки. В этом случае образующиеся пузырьки, можно равномерно и максимально сохранить внутри расплава, тем самым улучшая качество продукта. Обычно используемые добавки представляют собой главным образом флюсы, стабилизаторы пены и усилители пены.

Обычно используемыми *флюсами* являются оксиды щелочных металлов, такие как Na_2O и K_2O [45]. Их механизм действия заключается в разрушении сетевой структуры тетраэдра $[\text{SiO}_4]$, тем самым уменьшая вязкость расплава для достижения цели снижения температуры размягчения. В качестве примера можно привести Na_2O : ионы Na^+ , ионизированные Na_2O при высокой температуре, могут проникать в полости структурной сетки, в то время как свободные ионы O^{2-} могут захватывать атомы Si в тетраэдре $[\text{SiO}_4]$ с образованием несмешанного кислорода, разрушая четыре стороны $[\text{SiO}_4]$. Такая структура снижает вязкость расплава и, следовательно, температуру его размягчения. Понижение температуры размягчения может снизить требования к оборудованию, сэкономить энергию и сократить производственный цикл. Однако, когда обычная структура тетраэдра разрушается, это, безусловно, окажет определенное влияние на его рабочие

характеристики. Чрезмерное добавление Na_2O может увеличить коэффициент теплового расширения стекла, снизить термическую и химическую стабильность стекла и ослабить его механическую прочность, поэтому добавление должно быть целесообразным. Обычно соли натрия, такие как $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$, используются для введения Na_2O . Флюсующий эффект K_2O [41] аналогичен Na_2O , но ионный радиус K^+ больше, чем у Na^+ , поэтому вязкость калиевого стекла выше, чем у натриевого стекла.

Пенный стабилизатор представляет собой добавку, используемую для предотвращения схлопывания пузырьков в расплаве стекла или проникновения друг в друга для поддержания стабильности структуры пузырьков. Вещество, которое можно использовать в качестве стабилизатора пены, должно быть способно образовывать тетраэдрическую структуру в расплаве и вместе с тетраэдром $[\text{SiO}_4]$ образовывать каркас, увеличивая вязкость расплава. Обычно используемые стабилизаторы пены представляют собой в основном фосфаты и бораты. Рассматривая Na_3PO_4 в качестве примера, в процессе нагревания P_2O_5 в результате разложения Na_3PO_4 может образовывать тетраэдр $[\text{PO}_4]$ в расплаве стекла, а вместе с тетраэдром $[\text{SiO}_4]$ образует каркасную структуру, благодаря чему вязкость расплава увеличивается, и структура пузырьков может существовать стабильно.

Усилители пены представляют собой класс веществ, которые могут способствовать процессу пенообразования. Ускорители пены обычно используются при изготовлении пеностекла для окислительно-восстановительных пенообразователей, они способствуют образованию пузырьков, обеспечивая окислитель, необходимый для окислительно-восстановительной реакции пенообразователя. Обычно используемые ускорители пены представляют собой Fe_2O_3 , MnO_2 , Sb_2O_3 , Na_2SO_4 и так далее. Добавление небольшого количества пенообразователя при приготовлении пеностекла может оптимизировать объемное расширение и в то же время получить минимальную объемную плотность.

1.2.2 Технология изготовления пеностекла

Смесью битого стекла, пенообразователя, ускорителя и других различных добавок заполняют формы, которые помещают в нагревательную печь для нагревания и расплавления, чтобы иметь определенную вязкость и поверхностное натяжение. В процессе нагрева вспенивающий агент генерирует газ в результате различных химических реакций, который вспенивает вязкую стекломассу. С продлением времени и повышением температуры вязкость стекла уменьшается, а количество выделяемого газа увеличивается, а давление газа в пузырьке превышает вязкость и поверхностное натяжение окружающей стеклянной жидкости. Когда пузырьки дорастут до определенной степени, температура быстро снижается, чтобы быстро увеличить вязкость стекла, так что пористая структура быстро фиксируется, после чего проводится отжиг изделия [29].

Существует много способов получения пеностекла, наиболее часто используемый метод порошкового спекания. Пеностекло представляет собой пористый материал с пористостью до 90 мас.%. Во время образования пузырьков вязкость и поверхностное натяжение жидкого стекла играют важную роль. Оба эти параметра являются функциями температуры, и состояние образования пузырьков (размер пор, состояние связи и толщина стенок пор) и их можно эффективно контролировать, регулируя температуру вспенивания [30].

Спекание пеностекла обычно делится на четыре этапа: предварительный нагрев, вспенивание, стабилизация пены и отжиг, как показано на рис. 1-1.

Стадия предварительного нагрева. На этой стадии обычно происходят простые физические и химические реакции, такие как адсорбция воды, испарение свободной воды и удаление химически связанной воды. В это время порционный материал не спекается, и различная влага легко отводится из зазоров между частицами. Кроме того, что еще важнее, после

предварительного нагрева можно сделать пену более однородной. Из-за плохой теплопроводности загружаемого материала внутренний и внешний слои заготовки не нагреваются равномерно, и существует определенная разница температур. Температура поверхности заготовки выше, чем температура внутренней части. Непосредственный нагрев до температуры пенообразования приведет к преждевременному выделению газа пенообразователем на поверхности, а поверхностная стеклянная фритта преждевременно расплавится. Температура пенообразования не должна быть слишком высокой, обычно $350\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 400\text{ }^{\circ}\text{C}$, что предотвращает преждевременное выделение газа пенообразователем.

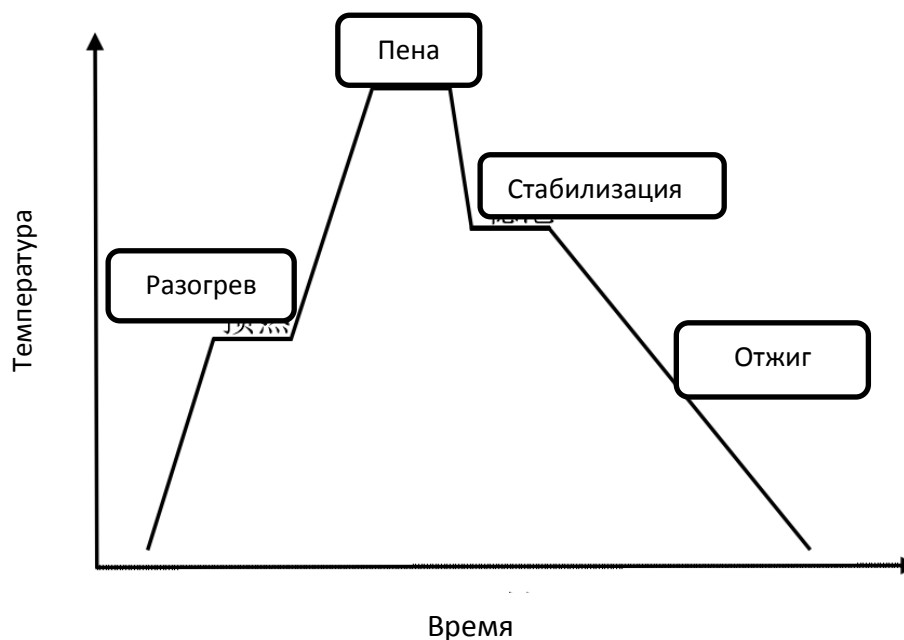


Рисунок 1.1 – Температурный режим получения пеностекла

Стадия пенообразования: от температуры предварительного нагрева до температуры пенообразования, на этой стадии вспенивающий агент генерирует большое количество газа, вязкость стекла постепенно уменьшается, и газ скапливается в расплаве стекломассы. По мере того как количество генерируемого газа увеличивается, давление газа в пузырьке постепенно увеличивается, вязкость расплава и поверхностное натяжение границы раздела жидкости уменьшаются, так что пузырь растет. Когда

достигается температура вспенивания, сохранение тепла выполняется в течение определенного периода времени, цель состоит в том, чтобы сделать температуру внутри и снаружи продукта однородной, газовая фаза полностью генерируется, и вспенивание завершается.

На этом этапе нужно строго контролировать скорость нагрева, температуру вспенивания и время выдержки. Скорость нагрева на этой стадии выше, и время, необходимое для достижения температуры пенообразования, меньше времени, необходимого для образования максимального количества газа, поскольку температура реакции основного вспенивающего агента ниже, чем температура пенообразования, до достижения температуры пенообразования. Если скорость нагрева слишком мала, а время слишком велико, и стеклянная фритта на этой стадии не дает жидкой фазы, газ, образующийся в результате ранней реакции вспенивающего агента, выйдет из зазора между твердыми частицами, и плотность будет слишком большой. Температура пенообразования не должна быть слишком высокой, иначе вязкость стеклянной жидкости будет слишком низкой, так что давление газа в пузырьке будет намного больше, чем его вязкость и поверхностное натяжение, так что пузырь лопнет, а пена будет неравномерной; когда температура пенообразования слишком низкая, Жидкая фаза слишком мала, вязкость недостаточна, газ не может быть обернут и не выпущен, и в конечном итоге пузырьки становятся слишком маленькими, а плотность очень большой. Время выдержки не должно быть слишком длительным, иначе оно может привести к слиянию некоторых мелких пузырьков в большие пузырьки, что приведет к неравномерной структуре пор и снижению механической прочности.

На стадии стабилизации пены, после пенообразования, стекло следует быстро охладить, чтобы зафиксировать структуру пузырьков, создаваемую им. На стадии стабилизации пены быстрое охлаждение продукта может вызвать внутренние напряжения, поэтому сохранение тепла следует проводить вблизи температуры начала отжига. Это может устранить

внутренние напряжения и уменьшить дефекты, такие как трещины в продукте. Поэтому стадия отжига оказывает большое влияние на прочность пеностекла. Кроме того, поскольку пеностекло само по себе является своего рода теплоизоляционным материалом, с низкой теплопроводностью, его скорость отжига ниже, а цикл длиннее, особенно в низкотемпературной секции, скорость охлаждения будет ниже. Обычно общее время отжига превышает 24 часа.

Технологическая схема получения пеностекла, используемого в качестве поглотителя электромагнитного излучения, представлена на рисунке 1.2. Она не отличается от схемы получения традиционного пеностекла. Все отличия связаны с составом исходной смеси, которая должна содержать определенные добавки (модификаторы), повышающие радиопоглощающие характеристики поглотителя.

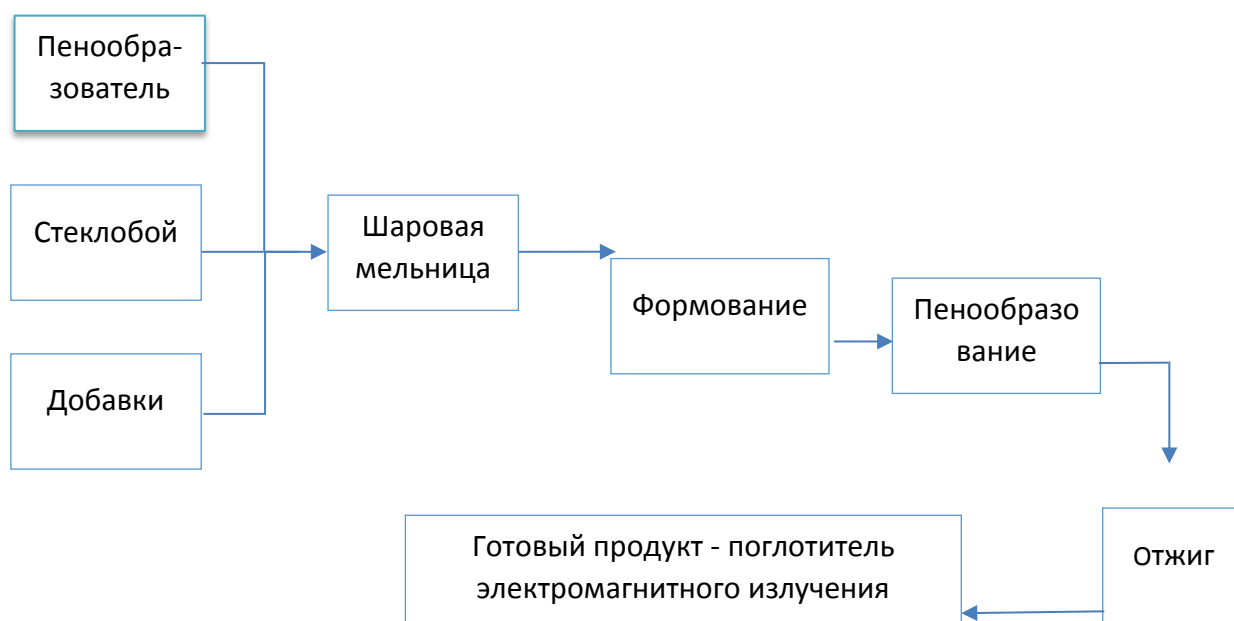


Рисунок 1.2 – Технологическая схема получения пеностекла

1.3 Влияние модификаторов на радиопоглощающие свойства материала

Поглотители электромагнитных волн можно разделить на три типа в соответствии с их механизмом потерь для электромагнитных волн: тип резистивных потерь, тип диэлектрических потерь и тип магнитных

диэлектрических потерь. Поглотители резистивных и диэлектрических потерь являются типами электрических потерь. Каждый тип поглотителя электромагнитных волн имеет свои уникальные характеристики поглощения и характерные вещества [31].

Сопротивление поглотителей ослабляется взаимодействием электромагнитных волн и электрических полей. Энергия электромагнитных волн в основном расходуется на сопротивление, поэтому удельное сопротивление материала определяет его эффективность поглощения. Обычно используемые абсорбенты резистивного типа включают сажу, графит, специальное углеродное волокно, карбид кремния и высокопроводящие полимеры. Главной особенностью этого материала является то, что тангенс угла диэлектрических потерь относительно велик, главным образом благодаря поляризации границы раздела и электронной поляризации среды, чтобы поглотить затухание электромагнитных волн.

Потеря электромагнитных волн поглотителями типа диэлектрических потерь в основном зависит от потерь диэлектрической поляризации, включая электронную поляризацию, молекулярную поляризацию и поляризацию границы раздела, но диэлектрические потери материала относительно зависят от частоты, поэтому соответствующее поглощение уже, чем у других материалов. Такие материалы в основном включают титанат бария, нитрид железа и нитрид кремния. Основной характеристикой диэлектрического керамического абсорбента является высокая термостойкость, которая может быть использована в аэрокосмической области. Нитрид кремния является новым типом функционального керамического материала, он обладает высокой прочностью при высоких температурах и может противостоять ползучести, окислению и тепловому удару, поэтому он широко применяется и применяется.

Существуют различные механизмы магнитных потерь поглотителей магнитного типа для энергии электромагнитных волн, включая гистерезисные потери, потери на вихревые токи, резонансные потери в

доменных стенках и ферромагнитные резонансные потери. Среди них наиболее широко используемым и наиболее быстрорастущим является феррит, который относится к составному соединению, полученному путем соединения семейства железа с одним или несколькими металлическими элементами. Поглощение электромагнитных волн ферритом в основном зависит от естественного резонанса, но поскольку феррит является полупроводником, его удельное сопротивление значительно выше по сравнению с металлом или сплавом, поэтому он также имеет поляризацию в диэлектрических свойствах. Наиболее изученные поглотители магнитных потерь включают ультрадисперсный металлический порошок, поликристаллическое железное волокно и гидроксид железа.

1.4 Механизм поглощения электромагнитных волн поглотителем

Поглощающие материалы могут поглощать электромагнитные волны в двух формах. Во-первых, сам материал поглощает электромагнитные волны. Когда электромагнитные волны попадают в материал, то происходит преобразование электромагнитных волн в тепловую энергию за счет электрических или магнитных потерь, или электромагнитных потерь. Во-вторых, имеют место интерференционные потери, которые являются физическими потерями. Слой абсорбера на поверхности подложки имеет определенную толщину. Отраженные на поверхности слоя абсорбера электромагнитные волны имеют ту же амплитуду и противоположную фазу, что и электромагнитные волны, отраженные на нижнем слое. Когда волны встречаются, происходит подавление помех, достигая эффекта поглощения электромагнитных волн.

Поглощающая способность поглотителя в основном выражается его отражательной способностью (коэффициент отражения - R). Чем лучше поглощающая способность, тем ниже отражательная способность. Коэффициент отражения зависит от разницы импеданса материала и свободного пространства. Из-за внезапного изменения импеданса на

$$R=20\log\left|\frac{Z_{in}-Z_0}{Z_{in}+Z_0}\right|$$

поверхности контакта между материалом и свободным пространством распространение электромагнитной волны затруднено. Чем меньше внезапное изменение, тем легче электромагнитная волна проникает в материал и меньше электромагнитных волн отражается обратно в свободное пространство. Соотношение между отражательной способностью и импедансом характеризуется зависимостью (1.1):

1.1

где R – импеданс падающей волны на границе раздела;

Z_0 – волновое сопротивление в условиях вакуума, приблизительно 377.

Z_{in} – стандартное входное сопротивление, по формуле 1.2:

$$Z_{in} = Z_0 \sqrt{\frac{\mu}{\epsilon}} \tanh \left(j \frac{2\pi d f}{c} \sqrt{\mu \epsilon} \right)$$

1.2

где c – скорость света;

f – частота электромагнитной волны;

d – толщина материала;

μ – комплексная проницаемость материала;

ϵ – комплексная диэлектрическая проницаемость материала.

Среди них комплексная диэлектрическая проницаемость ϵ и комплексная проницаемость μ являются двумя важными параметрами, используемыми для представления взаимодействия электромагнитных полей поглощающих материалов. Два параметра могут быть выражены в виде комплексных чисел: $\epsilon = \epsilon' - j\epsilon''$; $\mu = \mu' - j\mu''$. Действительная часть диэлектрической проницаемости ϵ' и действительная часть магнитной проницаемости μ' представляют переменные поляризации и намагниченности, создаваемые материалом под действием внешнего электрического поля или внешнего магнитного поля, соответственно. Они характеризуют способность материала накапливать энергию

электромагнитных волн и диэлектрическую проницаемость.

Мнимая часть ε'' является мерой потерь, вызванных перестройкой момента, когда материал подвергается воздействию внешнего электрического поля, μ'' - величиной потерь, вызванной перестройкой момента магнитной пары, когда материал подвергается воздействию внешнего магнитного поля. Оба параметра представляют способность материалов терять электромагнитные волны.

Чтобы эффективно конструировать композитные поглощающие материалы и прогнозировать их электромагнитные параметры, учеными предложены теоретические модели электромагнитных параметров и разработаны различные теоретические модели, включая: эмпирические теоретические формулы, модели сильных возмущений и теорию эффективной среды (EMT). Среди них теоретическая модель эффективной среды имеет широкий спектр применений и может быть использована для расчета эквивалентных электромагнитных параметров пористых материалов. При расчете эффективных сред существует много формул расчета, среди которых наиболее широко используются теория Максвелла-Гарнетта (MG) и теория Брюггемана (Br).

Теория MG гласит, что матрица пористого материала рассматривается как сфера с покрытием на поверхности. Для двухкомпонентного композитного материала один может рассматриваться как основной корпус, а другой - как объект. Если сфера изотропна, эффективная среда может быть выражена как (1.3). В формуле ε_1 и ε_2 соответственно представляют диэлектрические постоянные среды и модификатора, а f - объемная доля модификатора.

$$\varepsilon_{\text{eff}} = \varepsilon_1 \frac{(\varepsilon_2 + 2\varepsilon_1) + 2f(\varepsilon_2 - \varepsilon_1)}{(\varepsilon_2 + 2\varepsilon_1) - f(\varepsilon_2 - \varepsilon_1)} \quad 1.3$$

В отличие от теории MG, модель Брюггемана рассматривает каждый материал в композите сбалансированным образом, и его эффективная

формула среды следующая (1.4).

$$(1-f) \frac{\epsilon_1 - \epsilon_{\text{eff}}}{\epsilon_1 + 2\epsilon_{\text{eff}}} + \frac{\epsilon_2 - \epsilon_{\text{eff}}}{\epsilon_2 + 2\epsilon_{\text{eff}}} = 0 \quad 1.4$$

Для расчета электромагнитных параметров поглощающей системы с низким содержанием абсорбента целесообразно использовать формулу MG, а формула Брюггемана подходит, когда содержание абсорбента высокое.

2. Методы исследования

При получении пористого пеностеклянного материала с радиопоглощающими свойствами использовали современные методы анализа, такие как рентгенофазовый анализ, оптическая микроскопия, растровая электронная микроскопия и ряд стандартных методик для определения свойств исходного сырья и готового продукта.

2.1 Рентгенофазовый анализ

Физической основой рентгенофазового анализа (XRD) является дифракция рентгеновских лучей (длины волн от 10^{-12} до 10^{-5} см) при прохождении через решетку вещества [46]. Целью рентгенофазового анализа является определение его межплоскостного расстояния (d) и набор относительных положений для определения интенсивности соответствующей линии на рентгенограмме материала (2.1). Угол отражения находят согласно закону Брэгга-Вольфа (2.1).

$$n \cdot \lambda = 2d \cdot \sin \theta, \quad 2.1$$

где d – межплоскостное расстояние, Å;

θ – угол падения рентгеновского луча, град.;

$n=1,2,3$ – целое число длин волн;

λ – длина волны рентгеновского луча, Å.

Для определения количественного содержания аморфной фазы и кристаллической фазы в стеклокристаллическом материале была использована компьютерная программа Renex для обработки рентгенограмм. С помощью программы определяли площадь пика, соответствующего кристаллической и аморфной фазам. Суммируя площадь пика каждой фазы, находили соотношение A ($A = \Sigma_{кр} / \Sigma_{ам}$). Количество стеклофазы рассчитывали по формуле 2.2.

$$C_{\phi} = 1 / (1 + A) 100, \quad 2.2$$

где, A - количество кристаллической фазы, объемные %.

Количество кристаллической фазы рассчитывали по формуле 2.3.

$$K_{рф}=100-C_{ф},$$

2.3



Рисунок 2.1 – Дифрактометр Дрон-3М

Рентгенофазовый анализ проводили с использованием дифрактометра Дрон 3 М в медном излучении (рис. 2.1).

2.2 Метод определения удельной поверхности порошков

Одной из важнейших характеристик материалов, используемых для получения пеностекла, является их удельная поверхность. Для определения удельной поверхности порошков использовали прибор Товарова (рис. 2.2). В основе метода лежит измерение сопротивления, оказываемому воздуху, просасываемому через слой материала установленной толщины и площади поперечного сечения, уплотненного до определенного содержания пустот в единице объема.

В гильзу, на перфорированную пластинку помещают испытуемый порошок в виде слоя определенной толщины (навеска 10-13 г). При помощи водоструйного насоса создают необходимое разрежение, чтобы жидкость под влиянием разности уровней начинала перетекать из закрытого колена в открытое, и вызывая этим просасывание воздуха через слой исследуемого порошка. Измеряется время, за которое уровень жидкости опускается от одной отметки до другой. Продолжительность просасывания при прочих равных условиях зависит от величины удельной поверхности порошка, что

дает возможность вычислить ее величину.

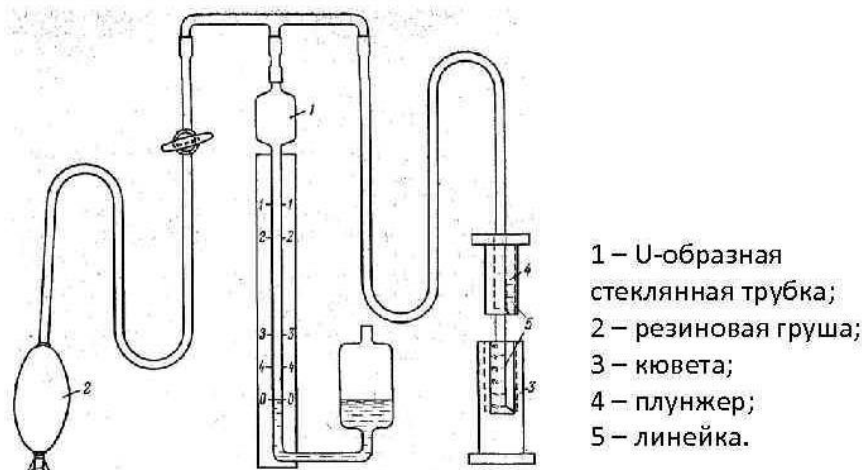


Рисунок 2.2 – Прибор для определения удельной поверхности

Опыт повторяют три раза и определяют среднее значение истечения определенного объема воды. Величину удельной поверхности определяют по формуле (2.4).

$$S_M = \frac{K}{\rho} \cdot \sqrt{\frac{m^3}{(1-m)^2}} \cdot \sqrt{\frac{1}{\eta}} \cdot \sqrt{T}, \text{ см}^2/\text{г} \quad 2.4$$

где ρ – истинная плотность материала, $\text{г}/\text{см}^3$;

$K=27$ – постоянная прибора;

T – время снижения уровня воды от метки сверху расширения до отметки снизу расширения, сек;

m – пористость порошка в долях единицы;

η – вязкость воздуха при температуре опыта.

2.3 Метод измерения коэффициентов поглощения и отражения электромагнитного излучения

Для измерения коэффициентов поглощения и отражения электромагнитного излучения использовали радиоспектроскоп типа E8363B (рисунок 2.3). Данный измерительный прибор предназначен для выполнения различных исследовательских действий при работе с радиосистемами и обладает высоким уровнем точности и чувствительности измерений.



Рисунок 2.3 – Радиоспектроскоп типа E8363B

Коэффициент отражения R электромагнитных волн обычно выражается в дБ, $R = 10 \lg$ (отраженная энергия / падающая энергия), существует соответствующая зависимость между коэффициентом отражения R (дБ) и процентом отражения (%), как показано в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Соответствие между коэффициентом отражения R и процентом отражения

R (дБ)	Процент отражения	R (дБ)	Процент отражения
-1	79.4%	-11	7.9%
-2	63.1%	-12	6.3%
-3	50.1%	-13	5.0%
-4	39.8%	-14	3.9%
-5	31.6%	-15	3.2%
-6	25.1%	-16	2.5%
-7	20.0%	-17	2.0%
-8	15.8%	-18	1.6%
-9	12.6%	-19	1.2%
-10	10.0%	-20	1.0%

Чем ниже измеренная отражательная способность, тем сильнее способность материала поглощать электромагнитные волны. Когда отражательная способность ниже -10 дБ, поглощение материала электромагнитной волной может достигать примерно 90 %, и чем шире диапазон частот ниже -10 дБ, тем лучше характеристики поглощения материала.

2.4 Оптическая и электронная микроскопия

Оптическая и электронная микроскопия проводилась для изучения пеностекла на макро- и микроуровнях. Определение микроструктурных характеристик исследуемых объектов проводилось с помощью сканирующего (растрового) электронного микроскопа JEOL JCM-6000 NeoScore (Япония). С его помощью можно получать увеличенное изображение высокого разрешения и четкости. Съемка проводилась при следующих режимах: ускоряющее напряжение электронного пучка 10 – 15кВ, рабочее расстояние съемки 7 - 53 мм и покрывающий диапазон увеличения - от $\times 10$ до $\times 60\,000$. Регистрация электронов, выходящих из объекта, а также других видов излучения (характеристического, светового) дает информацию о различных свойствах микроучастков изучаемого объекта.

Цифровой USB-микроскоп Digital Microscope предназначен для микроскопического исследования объектов. Работает микроскоп Digital Microscope по принципу цифровой камеры, исследуемые объекты снимаются и увеличиваются. Цифровой микроскоп (Digital Microscope) с USB 2.0. 2.0 MP 800X, разрешение матрицы: 2.0MP диапазон фокусировки: 0mm ~ 40mm и диапазон увеличения: 5x ~ 800x. Микроскоп имеет механизм ручной плавной фокусировки и функцию линейно-угловых измерений. Все микроскопы оснащены осветителем, состоящим из 4 или 8 светодиодов, и поставляются в комплекте со специальным программным обеспечением.

2.5 Дифракционный метод анализа размера частиц

Определение гранулометрического состава материалов проводили на дифракционном анализаторе SALD-7101 фирмы SHIMADZU (Япония) (рис. 2.4). Метод лазерной дифракции основан на зависимости угла рассеяния света от размеров частиц (чем больше размер частиц, тем меньше рассеяние). Диапазон измерения частиц: от 10 нм до 300 мкм.



Рисунок 2.4 – Дифракционном анализаторе SALD-7101

Лазерный свет, проходя через плоскопараллельную кювету с образцом, рассеивается под различными углами в зависимости от размеров отдельных частиц. Дифракция от частиц одинакового размера происходит под одинаковым углом, а интенсивность рассеянного света показывает относительное количество этих частиц. Однако важно отметить, что SALD-7101 с широким диапазоном измерения, позволяет определять гранулометрический состав пробы только при переводе ее в суспензию или эмульсию. В качестве растворителя для суспензии с ильменитовыми частицами использована вода. Результатом измерения являлась кривая распределения частиц по размерам, которая показывает, какого размера и сколько частиц содержится в образце.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
4ГМ82	Чжань Сыбо

Школа	ИШНПТ	Отделение школы (НОЦ)	Н.М. Кижнера
Уровень образования	Магистратура	Направление	18.04.01 – Химическая технология

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Бюджет проекта – не более 120 440,73 тыс. руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Значение показателя интегральной ресурсоэффективности – 4,375
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отражены обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС).

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	Расчет основной заработной платы, баланс рабочего времени, общая стоимость оборудования и материалов, отчисления во внебюджетные фонды.
2. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. «Портрет» потребителя результатов НТИ
2. Сегментирование рынка
3. Оценка конкурентоспособности технических решений
4. FAST анализ
5. Матрица SWOT
6. Диаграмма Исикавы
7. Иерархическая структура работ по научно-исследовательскому проекту
8. График проведения и бюджет НТИ
9. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	3.03.2020
---	-----------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Спицына Любовь Юрьевна	К.Э.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ГМ82	Чжань Сыбо		

4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Выявление и исследование научных проектов с более лучшими техническими параметрами, чем у предыдущих разработок является не достаточным. Необходимо произвести расчеты и проверить востребованность изделия на рынке, какова будет его цена, рассчитать бюджет научного исследования, а также сроки выхода продукта на рынок.

Целью данного раздела является оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований, определение возможных альтернатив проведения научных исследований, планирование и определение эффективности исследования с точки зрения ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

4.1 Предпроектный анализ

4.1.1 `Потенциальные `потребители `результатов `исследования

Для анализа существующей конкуренции необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование. Основной продукт, получаемый в ходе научно-исследовательской работы, это пеностекло. Материал относится к теплоизоляционным, но также перспективные является область его использования в качестве радиопоглотителя.

В настоящее время рынок теплоизоляционных материалов и изделий российской промышленности представлен в богатом ассортименте такими материалами, как стекловата, минеральная вата, пеностиролы, пенопласты, газобетоны и др. Однако, минеральные изделия и другие искусственные органически материалы, со временем теряют свои свойства, а также у многих материалов имеются серьезные проблемы применения, такие как пожароопасность, недолговечность, экологическая безопасность. Поэтому в настоящее время стоит остро вопрос по поиску долговечных, экологически безопасных и главное высокоэффективных теплоизоляционных материалов. К таким материалам и можно отнести пеностекло.

На фоне многочисленного ассортимента теплоизоляционных

материалов на российском и международном рынке, пеностекло обладает рядом неоспоримых преимуществ. Такие как долговечность, прочность, экологичность, пожаробезопасность. Пеностекло является прочным теплоизоляционным материалом, но, не смотря на высокие прочностные характеристики, достаточно легко обрабатывается всеми видами инструмента, поэтому изданного материала легко получать изделия самой разнообразной формы. Монтаж пеностекла предельно прост, теплоизоляция клеится всеми видами строительных смесей, и за счет своей ячеистой структуры достигается максимальное сцепление с поверхностью.

Данный материал можно использовать во многих сферах строительства и техники. Основная сфера применения – тепло- и звукоизоляция. Материал может быть блочным и гранулированным, что увеличивает области его применения – в жилом строительстве, промышленном, в дорожном, его легкость и хорошая водостойкость позволяет применять его в качестве спасательных приспособлений и понтонных мостов, так же мелкий гранулированный материал можно добавлять в качестве заполнителя для сухих строительных смесей, буровых растворов, использовать в качестве наполнителя для различных бетонов.

Однако пеностекло занимают лишь малую долю всего рынка теплоизоляционных материалов, хотя имеет неоспоримые преимущества перед большинством других российских теплоизоляционных материалов. Самым крупным поставщиком пеностекольных материалов является зарубежная фирма DennertPoraver.

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.

Результаты исследования рынка теплоизоляционных материалов отображен в таблице 4.1.

Таблица 4.1 - Результаты исследования рынка теплоизоляционных материалов

		Вид теплоизоляционного материала											
		Минеральная вата				Керамзит				Пеностирол			
Заказчик	Крупные												
	Средние												
	Мелкие												
Государственные строительные фирмы		Частные строительные фирмы				Физические лица							

Продукцию такого типа, могут выпускать как крупные заводы, так и мелкие частные предприятия. Все это позволяет оценить степень успешности высоко, и с уверенностью предположить, что деятельность фирмы будет отвечать экономическим и социальным потребностям населения.

4.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения. Целесообразно проводить данный анализ с помощью оценочной карты приведенной в таблице 4.2.

Из таблицы видно, что наиболее сильную позицию среди конкурентов занимает фирма «DennertPoraver». Данная фирма выигрывает по таким позициям как удобство эксплуатации, экологичность, уровень проникновения на рынок, финансирование научной разработки, срок выхода на рынок. Но существенно проигрывает в цене.

Продукт, предлагаемый нашей фирмой, является конкурентноспособным товаром. По оценкам технических и экономических критериям товар обгоняет продукцию фирм конкурентов «Пеностек» и «Пенодиатомит», и вполне могут конкурировать с товаром, предлагаемым фирмой «DennertPoraver».

Таблица 4.2 - Оценочная карта сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы				Конкурентоспособность			
		Бф	Бк1	Бк2	Бк3	Кф	Кк1	Кк2	Кк3
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Технические критерии оценки ресурсоэффективности									
1. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,2	9	9	9	10	1,8	1,8	1,8	2,0
2. Экологичность	0,2	7	7	7	10	1,4	1,4	1,4	1,6
3. Долговечность	0,2	9	8	9	9	1,8	1,6	1,8	1,8
4. Надежность	0,1	8	7	8	8	1,6	1,4	1,6	1,6
5. Безопасность при использовании	0,1	10	10	10	10	2,0	2,0	2,0	2,0
6. Теплопроводность	0,2	8	9	10	10	1,6	1,8	2,0	2,0
7. Итого:	1	51	50	53	55	10,2	10,0	10,6	11,0
8. Экономические критерии эффективности									
9. Конкурентоспособность продукта	0,14	7	7	7	10	0,98	0,98	0,98	1,4
10. Уровень проникновения на рынок	0,1	7	7	7	10	0,7	0,7	0,7	0,1
11. Цена	0,15	9	9	8	7	1,5	1,35	1,2	1,05
12. Предполагаемый срок эксплуатации	0,155	8	7	8	9	1,2	1,05	1,2	1,35
13. Послепродажное обслуживание	0,1	9	8	8	7	0,9	0,8	0,8	0,7
14. Финансирование научной разработки	0,12	8	8	8	10	0,96	0,96	0,96	1,2
15. Срок выхода на рынок	0,1	7	7	8	10	0,7	0,7	0,8	1,0
16. Наличие сертификации разработки	0,14	10	10	10	10	1,4	1,4	1,4	1,4
Итого	1	65	63	64	73	8,19	7,94	8,04	9,1

Конкурент 1 – «Пеностек»; Конкурент 2 – «Пенодиатомит»%; Конкурент 3 – «DennertPoraver».

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по десятибальной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 10 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i, \quad (4.1)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

V_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Основываясь на знаниях о конкурентах, следует заметить, что:

- уязвимость позиции конкурентов обусловлена, в основном, сложностью технологии производства, высокими энергозатратами, обуславливающими себестоимость единицы продукции. Данный продукт способен конкурировать с продуктами, уже имеющимися на российском рынке.

- выработка конкурентных преимуществ, которые помогут создаваемому продукту завоевывать доверие покупателей, заключается в гарантированной экологичности и безопасности продукта, относительно низкой себестоимости, но высоких прочностных характеристиках и большем сроке эксплуатации, что, безусловно, экономит силы и средства.

4.1.3 Диаграмма Исикавы

Диаграмма Исикавы делается с целью выявить факторы/группы факторов, влияющие на объект анализа [56]. Выявленные факторы подводят к стрелкам диаграммы первого уровня. Далее к каждой стрелке подводят стрелки второго уровня, к которым, в свою очередь, подводят стрелки третьего уровня и т. д. (рисунок 4.1).



Рисунок 4.1 - Причинно-следственная диаграмма Исикавы

Анализ причин и решения проблемы сведены в таблицу 4.3.

Таблица 4.3 - Анализ причин и решения проблемы некачественной продукции.

Категория	Причина	Решение
Сырьевые материалы и готовая продукция	Низкое качество сырья, как следствие –нестабильный химический состав, примеси	Поиск поставщиков, выбор оптимального сырья
	Высокая стоимость отдельных реактивов	
	Задержки с поставками	
Измерения	Точность приборов	Поверка приборов
	Нестабильное качество	Соблюдение технологий производства
	Фракционирование	Регулирование фракций
Персонал	Низкая квалификация рабочих	Повышение квалификации
	Нехватка квалифицированного персонала (инженеров)	Прием на работу
Оборудование	Поломки	Соблюдение режима работы, качественное и современное техобслуживание

4.1.4 SWOT-анализ

SWOT-анализ – (Strengths – сильные стороны, Weaknesses – слабые стороны, Opportunities – возможности и Threats – угрозы) – это комплексный анализ научного исследования. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды исследования табл.4.4.

По полученным данным можно сделать следующие выводы, что возможности совместно с сильными сторонами благоприятствуют развитию рынка и спроса на производимый товар. Возможные угрозы при производстве: отсутствие спроса, развитая конкуренция не своевременное финансирование, могут сильно ослабить позиции данного предприятия на рынке.

Таблица 4.4 – Матрица SWOT-анализа

	Сильные стороны разрабатываемого материала: С1. Экологичность технологии. С2. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями. С3. Использование отходов производств в качестве сырья (ресурсоэффективность технологии). С4. Возможность использования инновационной инфраструктуры ТПУ.	Слабые стороны разрабатываемого материала: Сл1. Проигрывает материалам с магнитным наполнителем
Возможности: В1. Повышение стоимости конкурентных разработок	Разработка технологии пеностекольных материалов.	Материал с магнитным наполнителем действует эффективнее, т.е. цена будет выше
Угрозы: У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства У2. Развитая конкуренция технологий производства У3. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования	Экологичность выбранной технологии, а также использование отходов в качестве сырья вполне способны ослабить влияние перечисленных угроз.	При развитии конкуренции есть риски потери занятой ниши рынка. При добавлении к этому несвоевременного финансового обеспечения угроза потери рынка значительно возрастает

4.1.5 Оценка готовности проекта к коммерциализации

На какой бы стадии жизненного цикла не находилась научная разработка, полезно оценить степень её готовности к коммерциализации и выяснить уровень собственных знаний для её проведения (или завершения).

В таблице 4.5 приведены данные оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации.

Оценка готовности научного проекта к коммерциализации (или уровень имеющихся знаний у разработчика) определяется по формуле:

$$B_{\text{сум}} = \sum B_i,$$

где $B_{\text{сум}}$ – суммарное количество баллов по каждому направлению; B_i – балл по i -му показателю.

Таблица 4.5 – Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации

№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1	Определен имеющийся научно-технический задел	5	5
2	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	5	4
3	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	4	4
4	Определена товарная форма научнотехнического задела для представления на рынок	4	3
5	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	5	4
6	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	5	4
7	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	5	4
8	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	5	4
9	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	5	4
10	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	5	4
11	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	4	4
12	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	4	4
13	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	4	4
14	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	5	5
15	Проработан механизм реализации научного проекта	4	3
	ИТОГО	69	60

Значение $B_{\text{сум}}$ позволяет говорить о мере готовности научной разработки и ее разработчика к коммерциализации. Разработка считается перспективной, так как значение и знания разработчика являются достаточными для успешной коммерциализации.

4.1.6 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования

При коммерциализации научно-технических разработок продавец (а это, как правило, владелец соответствующих объектов интеллектуальной

собственности), преследует вполне определенную цель, которая во многом зависит от того, куда в последующем он намерен направить (использовать, вложить) полученный коммерческий эффект. Это может быть получение средств для продолжения своих научных исследований и разработок (получение финансирования, оборудования, уникальных материалов, других научно-технических разработок и т.д.), одноразовое получение финансовых ресурсов для каких-либо целей или для накопления, обеспечение постоянного притока финансовых средств, а также их различные сочетания.

В качестве метода коммерциализации результатов данного научно-технического исследования может быть выбрана организация собственного предприятия. Выбор метода коммерциализации обусловлен тем, что сырье компания добывает самостоятельно на карьере, который расположен в непосредственной близости от цеха производства, поэтому она не нуждается в каких-либо отдельных видах инженерно-технических услуг связанных с проектированием, строительством и вводом объекта в эксплуатацию, производственных процессах и др.

Также возможно рассмотреть организацию совместного предприятия, присоединить свою технологию к какому-либо уже известному на рынке предприятию изготовления теплоизоляционных материалов. Такой выбор поможет сократить сроки первоначальной окупаемости продукта, так как товар будет поступать на рынок под маркой известного на российском рынке производителя, что может значительно снизить расходы на рекламу и продвижение.

4.2 Инициация проекта

4.2.1 Цели и результаты проекта

Проект по получению модифицированного пеностекла выполняется НИ ТПУ. В таблице 4.6 представлена информация по заинтересованным сторонам проекта - это заказчик и исполнитель, и их ожидания относительно

результатов проекта. Также в таблице 4.7 сформулированы цели проекта и требования к его результатам.

Таблица 4.6 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
НОЦ им. Н.М. Кижнера, направление подготовки 18.04.01 Химическая технология	Разработка фундаментального исследования; Технологическая схема производства фильтрующей керамики
Предприятие по изготовлению фильтрующей керамики	Усовершенствование и упрощение технологического процесса, уменьшение материалоемкости

Таблица 4.7 – Цели и результат проекта

Цели проекта:	Разработать оптимальный состав для получения пеностеклас заданными свойствами
Ожидаемые результаты проекта:	Технологическая схема производства пеностекла; готовый продукт, с высоким уровнем эксплуатационных свойств
Критерии приемки результата проекта:	соответствие требований к готовому продукту, воспроизводимость технологии
Требования к результату проекта:	Требование:
	Воспроизводимость технологической схемы
	Универсальность технологии
	Достижение поставленных целей
	Экологичность

4.2.2. Организационная структура проекта

На данном этапе работы необходимо решить следующие вопросы: кто будет входить в рабочую группу данного проекта, определить роль каждого участника в данном проекте, а также прописать функции, выполняемые каждым из участников и их трудозатраты в проекте.

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

На данном этапе работы необходимо решить следующие вопросы: кто будет входить в рабочую группу данного исследования, определить роль каждого участника в данном исследований, а также прописать функции,

выполняемые каждым из участников и их трудозатраты. Информация об организационной структуре представлена в таблице 4.7.

Таблица 4.7 - Рабочая группа научного исследования

№	ФИО, основное место работы, должность	Роль в НИ	Функции	Трудозатраты, час/год
1	Чжань Сыбо, НИ ТПУ, магистрант	Исполнитель НИ	- разработка рабочих составов - проверка качества продукта	900
2	Казьмина О В., НИ ТПУ, профессор	Руководитель НИ	- формирование целей исследования; - координирование деятельности участников НИ	540

Трудозатраты были рассчитаны на основании следующих данных: исследования выполняется 9 месяцев, руководитель НИ принимает участие 3 раза в неделю на протяжении 3 часов, исполнитель работает в среднем 5 дней в неделю по 5 часов.

4.2.3 Ограничения и допущения исследования

Ограничения исследования – это все факторы, которые могут послужить ограничением степени свободы участников команды исследования, а так же «границы исследования» - параметры исследования или его продукта, которые не будут реализованных в рамках данного НИ. Ограничения исследования сведены в таблицу 4.8.

Таблица 4.8 – Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/ допущения
Бюджет проекта	100000 руб.
Источник финансирования	НИ ТПУ
Сроки проекта:	09.01.2020 – 25.05.2020
Дата утверждения плана управления проектом	09.01.2020
Дата завершения проекта	26.05.2020
Прочие ограничения и допущения	Время использования научного оборудования

Таким образом, в рамках инициации исследования определены изначальные цели и финансовые ресурсы, заинтересованные стороны исследований, действия которых направлены на достижение общего

результата, проведен анализ всех ограничительных факторов исследования.

4. 3 Планирование научно-исследовательских работ

4.3.1 Иерархическая структура работ проекта

Научно-исследовательскую работу можно разделить на отдельные части (этапы), содержание которых определяется спецификой темы. Как правило, НИР включает в себя следующие этапы:

1. подготовительный
2. экспериментальный
3. заключительный

Подготовительный этап включает в себя – сбор и подготовка сырьевых материалов, моделирование состава, выбор состава смеси, подготовка оборудования.

Экспериментальный этап – непосредственное получение пеностекла, исследование свойств полученных образцов разного состава, выбор оптимального состава, исследование физико-химических характеристик оптимального состава. Структура экспериментального этапа представлена на рисунке 4.2. Заключительная часть НИР – обработка и оформление результатов исследования.



Рисунок 4.2 – Иерархическая структура экспериментального этапа НИР

4.3.2 Контрольные события проекта

Основные контрольные события проекта представлены в таблице 4.9.

Таблица 4.9 – Контрольные события проекта

№ п/п	Контрольное событие	Дата	Результат (подтверждающий документ)
1	Составление плана работ	09.01.2020	
2	Литературный обзор проблематики	13.01.2020	Литературный обзор в ВКР
3	Постановка цели и задач	14.01.2020	Раздел цели и задачи в ВКР
4	Разработка плана экспериментальных работ	14.01.2020	План работ
5	Исследование сырьевых материалов	21.02.2020	Результаты исследований представленных в ВКР
6	Проведение эксперимента	25.02.2020	Результаты исследований представленных в ВКР
7	Обработка экспериментальных данных, обсуждение результатов	23.04.2020	Результаты исследований представленных в ВКР
8	Оформление графической части (таблицы, графики)	28.04.2020	Результаты исследований представленных в ВКР
9	Разработка презентации и раздаточного материала	15.05.2020	Результаты исследований представленных в ВКР
10	Оформление пояснительной записки	24.05.2020	ВКР

4.3.3. План проекта

Календарный план выполнения научно-исследовательской работы представлен в таблице 4.10.

Таблица 4.10 – Календарный план проекта

Код работы	Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников
1	Составление плана работ	4	09.01.2020	13.01.2020	Казьмина О.В
2	Постановка цели и задач	2	14.01.2020	16.01.2020	Чжань Сыбо
3	Литературный обзор проблематики	30	16.01.2020	15.02.2020	Чжань Сыбо
4	Разработка плана экспериментальных работ	11	15.02.2020	24.04.2020	Казьмина О.В
4.1	Исследование сырьевых материалов	7	25.02.2020	03.03.2020	Чжань Сыбо
4.2	Проведение эксперимента	49	04.03.2020	22.04.2020	Чжань Сыбо .
5	Обработка экспериментальных данных, обсуждение результатов	5	22.04.2020	27.04.2020	Казьмина О.В Чжань Сыбо
6	Оформление графической части (таблицы, графики)	16	28.04.2020	14.05.2020	Чжань Сыбо .

7	Разработка презентации и раздаточного материала	4	15.05.2020	19.05.2020	Чжань Сыбо .
8	Оформление пояснительной записки	8	16.05.2020	24.05.2020	Чжань Сыбо

Для работы выбран линейный график планирования.

Диаграмма Ганта – это тип столбчатых диаграмм, который используется для иллюстрации календарного плана проекта, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ. На основе таблицы строится календарный план-график (таблица 4.11).

Таблица 4.11 – Календарный план-график проведения НИОКР

Код работы (из ИСР)	Вид работы	Исполнитель и	Т _{ki} , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ															
				Янв			Фев			Март			Апр			Май			
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
1	Составление плана работ	Казьмина О.В	4																
2	Постановка цели и задач	Чжань Сыбо	2																
3	Литературный обзор проблематики	Чжань Сыбо	30																
4	Разработка плана экспериментальных работ	Казьмина О.В	11																
4.1	Исследование сырьевых материалов	Чжань Сыбо	7																
4.2	Проведение эксперимента	Чжань Сыбо	49																
5	Обработка экспериментальных данных, обсуждение результатов	Казьмина О.В	5																
		Чжань Сыбо																	
6	Оформление графической части (таблицы, графики)	Чжань Сыбо	16																
7	Разработка презентации и раздаточного материала	Чжань Сыбо	4																
8	Оформление пояснительной записки	Чжань Сыбо	8																
Руководитель										Магистрант									

4.3.4. Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

Бюджет затрат на выполнение научно-исследовательской работы рассчитывается по статьям калькуляции, которые включают две группы затрат: прямые и накладные затраты.

Прямые затраты – это затраты на сырье, энергию, амортизацию оборудования.

Накладные затраты включают лабораторные затраты, связанные с освещением, отоплением, содержанием персонала.

В процессе формирования бюджета НТИ основными статьями калькуляции являются:

1. затраты на сырье и материалы, покупные изделия;
2. фонд заработной платы исполнителей;
3. амортизация оборудования;
4. накладные расходы, включающие затраты на содержание административно-управленческого аппарата, по охране труда и т.п;
5. прочие затраты.

Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты (за вычетом отходов).

В эту статью включаются все затраты на приобретение всех видов материалов, комплектующих изделий и полуфабрикатов, необходимых для выполнения работ по данной теме. Количество потребных материальных ценностей определяется по нормам расхода. Результаты расчета затрат на сырье в процессе проведения НИР представлены в таблице 4.12.

Таблица 4.12 – Сырье и материалы

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед. руб.	Сумма
Отход	кг	0,550	0,13	0,07
NaOH	кг	0,400	460	184
Микрокорнезем	кг	0,650	19	12,35
СаО	кг	0,030	70	2,1
Итого за материалы:				198,25
Транспортно-заготовительные расходы (5%)				9,93
Итого по статье Зм				208,18

Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ. Для оборудования нужно рассчитать величину годовой амортизации $A_{\text{год}}$ по следующей формуле:

$$A_{\text{год}} = \frac{C_{\text{перв}}}{T_{\text{пи}}} \quad (4.7.)$$

где $C_{\text{перв}}$ – первоначальная стоимость, руб;

$T_{\text{пи}}$ – время полезного использования, год.

Результаты расчетов приведены в табл. 4.13.

Таблица 4.13 – Расчет затрат на оборудование.

№	Наименование оборудования	Количества оборудования,	Цена единицы оборудования, руб.	Сумма амортизационных отчислений, руб
1	Гидравлический пресс	1	54000	2400
2	Электрическая печь	1	630000	48461
3	Оптическая камера	1	30000	2000
4	Компьютер	1	24000	2400
	Итого			55261

Основная заработная плата исполнителей темы

Величина расходов по заработной плате определяется, исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок.

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением проекта (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

$$З_{\text{зп}} = З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}} \quad (4.4.6.1)$$

где $З_{\text{осн}}$ – основная заработная плата;

$З_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата (12 – 20 % от $З_{\text{осн}}$).

Основная заработная плата $З_{\text{осн}}$ руководителя (лаборанта, инженера) рассчитывается:

$$З_{\text{осн}} = З_{\text{дн}} \cdot T_p \quad (4.4.6.2)$$

где $З_{\text{осн}}$ – основная заработная плата одного работника;

$З_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата работника, руб;

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно – техническим работником, раб. дн.

Среднедневная заработная плата:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} \quad (4.4.6.3)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года;

При отпуске в 24 раб. дня $M = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя;

При отпуске в 48 раб. дней $M = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя.

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно – технического персонала, раб. дн.

Месячный оклад работника рассчитывается по формуле 4.4.6.4:

$$Z_m = Z_{\text{ок}} \cdot k_p \quad (4.4.6.4)$$

где $Z_{\text{ок}}$ – заработная плата по оклад ставке, руб.;

k_p – районный коэффициент (для Томска – 1,3)

В таблице 4.14 приведен баланс рабочего времени работника НТИ.

Таблица 4.14– Баланс рабочего времени за 2020 год

Показатели рабочего времени	Руководитель	Магистрант
Календарное количество дней	366	366
Количество нерабочих дней выходные дни: праздничные дни:	118	118
Потери рабочего времени: отпуск невыходы по болезни	48 0	24 0
Действительный годовой фонд рабочего времени	200	224

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{\text{окл}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_d) \cdot k_p, \quad (4.10)$$

где $Z_{\text{окл}}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3 (30% от $Z_{\text{окл}}$);

k_d – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5;

k_p – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Расчёт основной заработной платы приведён в табл. 4.15.

Таблица 4.15 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	З _{окл} , руб.	k _р	k _{пр}	k _д	З _м , руб.	З _{дн} , руб.	T _р , раб. дн.	З _{осн} , руб.
Руководитель	33664	1,3	-	0,2	50327,68	2617,04	20	52340,79
Магистрант	1906	1,3	-		2477,8	115,07	136	15649,52
Итого	67990,31							

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле (4.11):

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}}, \quad (4.11)$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

Общая заработная плата исполнителей представлена в таблице 4.16.

Таблица 4.16 – Общая заработная плата исполнителей НТИ

Исполнители	З _{осн} , руб.	З _{доп} , руб.	З _{зп} , руб.
Руководитель	52340,79	7851,12	60191,91
Магистрант	15649,52	2347,43	17996,95
Итого			78188,86

Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}), \quad (4.12)$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений во внебюджетные фонды.

Установлено, что отчисления для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность имеют коэффициент отчислений 27,1%. Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 4.17.

Таблица 4.17 – Отчисления во внебюджетные фонды.

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель	52340,79	7851,12
Магистрант	15649,52	2347,43
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271	
Итого:	21189,18	

Накладные расходы

Величина накладных расходов определяется по формуле

$$З_{\text{накл}} = k_{\text{нр}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}) \quad (4.13)$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов $k_{\text{нр}}$ допускается взять в размере 16%. Таким образом, накладные расходы на данные НТИ составят:

$$З_{\text{накл}} = 0,16 \cdot 78188,86 = 12510,22$$

Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

На основании полученных данных по определенным статьям затрат составляется калькуляция плановой себестоимости НТИ результаты приведены в таблице 4.18.

Таблица 4.18 – Группировка затрат по статьям

Статья						Итого плановая себестоимость, рублей
Сырье, материалы, покупные изделия, полуфабрикаты, рублей	Специальное оборудование для НТИ, рублей	Основная заработная плата, рублей	Дополнительная заработная плата, рублей	Отчисления на социальные нужды, рублей	Накладные расходы, рублей	
1571,59	6980,88	67990,31	10198,55	21189,18	12510,22	120 440,73

Основным пунктом затрат НТИ являются затраты по основной заработной плате исполнителей.

4.3.5 Организационная структура проекта

Из нескольких базовых вариантов организационных структур, использующихся в практике, была выбрана проектная, которая представлена в таблице 4.19.

Таблица 4.19 – Выбор организационной структуры научного проекта

Критерий выбора	Проектная
Степень неопределенности условий реализации проекта	Высокая
Технология проекта	Новая
Сложность проекта	Высокая
Взаимозависимость между отдельными частями проекта	Высокая
Критичность фактора	Высокая
Взаимосвязь и взаимозависимость проекта от организации более высокого уровня	Низкая

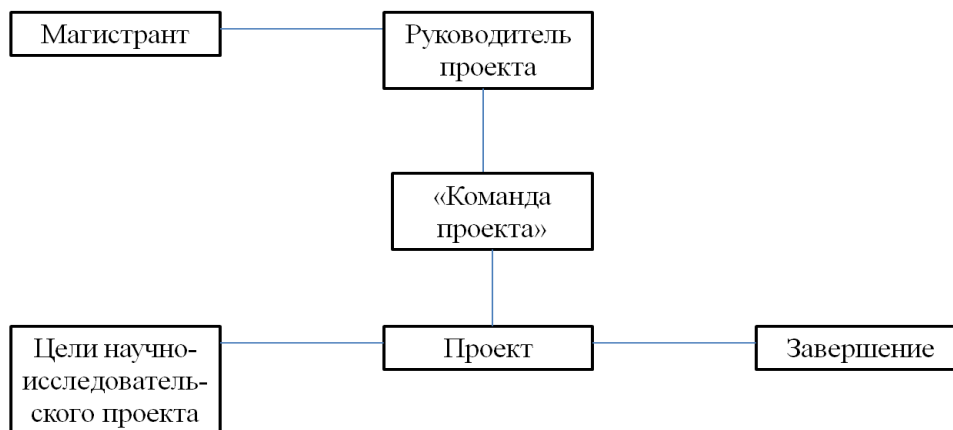


Рисунок 4.4 – Проектная организационная структура

4.3.6 Матрица ответственности

Для распределения ответственности между участниками проекта формируется матрица ответственности (таблица 4.20).

Степень участия может характеризоваться следующим образом:

Ответственный (О) – лицо, отвечает за реализацию этапа проекта и контролирующее ее ход.

Исполнитель (И) – лицо (лица), выполняет работы в рамках этапа проекта.

Утверждающее (У) – лицо, осуществляет утверждение результатов этапа проекта.

Согласующее (С) – лицо, осуществляет анализ результатов проекта и участвует в принятии решения о соответствии результатов требованиям.

Таблица 4.20 – Матрица ответственности

Этапы проекта	Руководитель	Исполнитель
Составление задания и плана работ	У	-
Литературный обзор	О	И
Постановка цели и задач	О	-
Разработка плана экспериментальных работ	С	И
Проведение эксперимента	-	И
Обработка экспериментальных данных, обсуждение результатов	О	И
Оформление результатов	С	И

4.3.7 План управления коммуникациями проекта

План управления коммуникациями отражает требования к коммуникациям со стороны участников проекта (таблица 4.21):

Таблица 4.21 – Пример плана управления коммуникациями

№ п/п	Какая информация передается	Кто передает информацию	Кому передается информация	Когда передает информацию
1	Информация о текущем состоянии проекта	Исполнитель проекта	Руководителю проекта	Еженедельно
2	Документы и информация по проекту	Исполнитель проекта	Руководителю проекта	Ежемесячно
3	Отчет о проделанной работе	Исполнитель проекта	Руководителю проекта	Не позже контрольных сроков

4.3.8 Реестр рисков проекта

Идентифицированные риски проекта включают в себя возможные неопределенные события, которые повлекут за собой нежелательные эффекты (таблица 4.22).

В целом, данный проект является перспективным с точки зрения ресурсопотребления, так как в отличие от аналогов в проекте предусмотрены меньшие затраты на себестоимость будущей продукции за счет использования недорогих сырьевых материалов и возможное достижение требуемых механических и прочностных характеристик пеностекла.

Таблица 4.22 – Реестр рисков

Риск	Вероятность наступления	Влияние риска	Уровень риска	Способы смягчения риска
Технические риски				
Требования	1	4	средний	Отслеживание изменений требований к материалам, с помощью которых проводится исследование. Постоянный поиск путей оптимизации производства.
Технология	1	3	низкий	
Использование ненадежных источников	2	4	средний	
Качество	2	4	средний	
Внешние риски				
Качество предоставляемых расходных материалов	2	4	низкий	Изучение конъюнктуры рынка. Страхование имущества. Изучение изменений в российском законодательстве. Определение мер поощрений и наказаний по отношению к рабочим.
Предписания контролирующих органов	3	3	средний	
Рынок	3	4	средний	
Непредвиденные обстоятельства	1	4	средний	
Изменения российского законодательства	4	5	высокий	
Небрежность и недобросовестность сотрудников	3	3	низкий	

4.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}}$$

где I– интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{\max} — максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

$\Phi_{\text{текущ.проект}} = 120\,440,73$ руб, $\Phi_{\text{исп.1}} = 135450,91$ руб, $\Phi_{\text{исп.2}} = 139755,62$ руб.

$$I_1 = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\max}} = \frac{120\,440,73}{139755,62} = 0,86$$

$$I_2 = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\max}} = \frac{135450,91}{139755,62} = 0,96$$

$$I_3 = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\max}} = \frac{139755,62}{139755,62} = 1$$

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum (a_i \cdot b_i),$$

где I_{pi} — интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a_i — весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i — бальная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n — число параметров сравнения.

Сравнительная оценка характеристик вариантов объекта представлена в таблице 4.23. Рассчитанная сравнительная ресурсоэффективность разработки представлена в таблице 4.24.

$$I_{\text{р-исп1}} = (0,06 \cdot 5 + 0,3 \cdot 5 + 0,07 \cdot 5 + 0,07 \cdot 4 + 0,25 \cdot 5 + 0,05 \cdot 4 + 0,15 \cdot 5 + 0,05 \cdot 4) = 4,83$$

$$I_{\text{р-исп2}} = (0,06 \cdot 3 + 0,3 \cdot 3 + 0,07 \cdot 4 + 0,07 \cdot 4 + 0,25 \cdot 4 + 0,05 \cdot 4 + 0,15 \cdot 5 + 0,05 \cdot 4) = 3,79$$

$$I_{\text{р-исп3}} = (0,06 \cdot 3 + 0,3 \cdot 5 + 0,07 \cdot 5 + 0,07 \cdot 5 + 0,25 \cdot 4 + 0,05 \cdot 4 + 0,15 \cdot 5 + 0,05 \cdot 4) = 4,53$$

Таблица 4.23 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта.

Объект исследования / Критерий	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Исп. 2	Исп. 3
1. Время производства	0,06	5	3	3
2. Прочность на сжатие	0,3	5	3	5
3. Водопоглощение	0,07	5	4	5
4. Открытая пористость	0,07	4	4	5
5. Проницаемая пористость	0,25	5	4	4
6 Конкурентоспособность продукта	0,05	4	4	4
7. Цена	0,15	5	5	5
8. Предполагаемый срок эксплуатации	0,05	4	3	4
Итого:	1	4,625	3,75	4,375

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{\text{исп.}i} = I_{\text{р-исп.}i} / I_i$$

Из расчетов выявлено, что текущий проект по интегральному показателю ресурсоэффективности вариантов является выгодным и превосходит аналоги. Данный проект является научной разработкой, поэтому интегральный финансовый показатель разработки не рассчитывается.

Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволяет судить о приемлемости текущей разработки и позиции финансовой и ресурсной эффективности.

Таблица 4.24– Сравнительная эффективность разработки

№	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки, $I_{\text{финр}}$	0,86	0,96	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки, $I_{\text{р}}$	4,625	3,75	4,375
3	Интегральный показатель эффективности, I	5,37	3,91	4,375
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,69	1,37	1

Заключение по разделу

С целью полной оценки стоимости проведения научного исследования был сформирован его бюджет. Все имевшееся на момент начала проведения исследования химическое сырье было принято, как вновь купленное по текущим ценам.

В данном разделе проанализировали все плюсы и минусы данной работы, с точки зрения экономической части. Сформулировали цели и ожидаемые результаты. Основным преимуществом проекта, которое необходимо развивать, является использование отходов, так же поиск оптимальных компонентов для приготовления состава, который, в конечном счете, будет соответствовать всем требуемым характеристикам.

Проверка ресурсоэффективности показала, что технология производства пеностекла, является экономически выгодной, так как расход сырья и электроэнергии незначителен. Общий бюджет НТИ составил 120 440,73 рублей, значение показателя интегральной ресурсоэффективности – 4,375.

В результате работы над разделом "Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение" определена перспективность научно-исследовательского проекта, определен его коммерческий инновационный потенциал. Также проведен предпроектный анализ и планирование проекта. Рассчитана себестоимость реализации данной научно-исследовательской работы.